Ueber Struktur und Entwickelung eigenartiger Wandverdickungen in Samen und Fruchtschalen.

Von

AL. P. POPOVICI

aus Bukarest.

BONN.
Buchdruckerei A. Henry.
1893.

Ueber Struktur und Entwickelung eigenartiger Wandverdickungen in Samen und Fruchtschalen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doctorwürde
bei der
hohen philosophischen Facultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn
eingereicht
und mit den beigefügten Thesen vertheidigt
am 17. Juli 1893
von

Al. P. Popovici
aus Bukarest.

Opponenten:

Richard Meissner, cand. rer. nat.
C. J. Mohnen, cand. phil.
Fritz Knapp, stud. philos.

BONN.
Buchdruckerei A. Henry.
1893.

Herrn Dr. Demeter Brandza

Professor der Botanik an der Universität zu Bukarest

in Dankbarkeit gewidmet.

Herrn Dr. Demeter Brandza

Professor der Botanik an der Universität zu Bukarest

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547419_0039

Die Samen und die nicht aufspringenden Früchte verschiedener Pflanzen sind mit verschiedenen Organen versehen, welche eine wichtige Rolle bei der Keimung spielen, indem sie entweder zur Verbreitung des Samens oder zur Befestigung des Samens und der Früchte in der Erde dienen.

Unter diesen Organen sind die sehr verschieden gebauten Schleimorgane bemerkenswert, mit denen die Epidermiszellen versehen sind. Schon seit langer Zeit hat die Eigentümlichkeit einer grossen Zahl von Samen und Früchte, sich mit Schleim zu bedecken wenn sie der Feuchtigkeit ausgesetzt werden, die Aufmerksamkeit der Botaniker erregt. Aber Anfangs hat man für diesen Schleim eine ganz falsche Erklärung gegeben; heute weiss man, dass er nichts anderes ist, als eine Verdickung der Zellwand, welche durch die Berührung mit Wasser zu Schleim aufquillt.

Von sehr grosser Wichtigkeit ist das Studium der Entstehung dieses Pflanzenschleims, da wir uns nur so eine Erklärung jener Strukturen im ausgewachsenen Zustande geben können. Mit dieser Frage hat sich Frank[1]) beschäftigt. Gerade diese Entstehung des Pflanzenschleims ist der Gegenstand meiner Beobachtungen, für die ich ein reiches Material in dem Laboratorium des Herrn Geheimrat Professor Ed. Strasburger fand, dem ich auch an dieser Stelle für seinen Rat und Beistand während der Ansführung der Untersuchungen meinen innigsten Dank ausspreche.

---

[1]) Frank. Ueber die anatomische Bedeutung und Entstehung der vegetativen Schleime. Pringsheims Jahrb. Bd. 5, p. 161—193.

Cuphea strigulosa und Zimapani.

Die Samen der Gattung Cuphea haben herzförmige Gestalt. Die Testa derselben zeigt nach Grütter[1]) im Querschnitt folgende Struktur: aussen die Epidermis aus grossen Zellen bestehend, die mehr hoch als breit, sechs- bis achteckig sind und an den inneren Seitenwänden dünner sind als an den äusseren Wänden; auf die Epidermis folgt ein Komplex parenchymatischer Zellen, die an der dem Samen zugekehrten Seite viel dickwandiger und mit Tüpfeln versehen sind; auf die parenchymatischen Zellen folgt eine Lage deren Zellen sehr hart und verholzte Wände haben, auch diese sind getüpfelt; auf diese Lage, welche den innersten Teil des äusseren Teguments bildet, folgt eine Lage deren Zellen sehr dicke und verholzte Wände haben, dann eine weitere Lage mit dünnen Wänden, und endlich die letzte Lage des inneren Teguments, welche aus dünnwandigen parenchymatischen Zellen gebildet ist.

Wenden wir uns zu der äussern Lage des äussern Teguments, der einzigen, welche uns hier interessirt. Betrachtet man den Durchschnitt eines reifen Samens, so zeigt sich an der Aussenwand, die ein wenig gewölbt ist, eine rundliche Verdickung, welche sich in das Zelllumen hinein erstreckt und von dieser aus erstreckt sich (Fig. 1 und 2) ein spiralförmiger Faden, der fast das ganze Zelllumen einnimmt. Klebs[2]), Correns[3]), Grütter[4]) haben sich mit der Struktur desselben beschäf-

---

[1]) Grütter. Ueber den Bau und die Entwicklung einiger Lythrarieen. Bot. Zeitung. Heft 1. 1893. p. 4—8.

[2]) Klebs. Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Untersuchungen an dem Tübinger Institut. Bd. 1. 1885. p. 583—585.

[3]) Correns. Ueber die Epidermis der Samen von Cuphea viscosissima. [Ber. d. deutschen Botan. Gesellsch. 10. Jahrg. Heft 3. 1892. p. 143—151].

[4]) l. c. p. 12—14.

tigt. Der Faden zeigt überall dieselbe Dicke, seine Spiralwindungen sind in der Nähe der Ansatzstelle länger und gestreckter als entfernt von derselben; er ist hohl und an dem Berührungspunkte mit der äussern Zellwand geht seine Wandung in die innere Lamelle der Epidermiszelle über. Unter der Einwirkung von Chlorzinkjod färben sich die Zellwände violett mit Ausnahme der oberen Kante der Aussenwand, welche sich gelblich färbt, die Wand des Fadens und die innere Lamelle werden ebenfalls gelblich; also bestehen die Zellwände vorwiegend aus Cellulose; der Faden, die innere Lamelle und der obere Kantenteil der Aussenwand dagegen sind kutinisirt. In dem vom Faden nicht erfüllten Raume und zwischen seinen Windungen bemerkt man Körnchen, welche sich unter Einwirkung von Chlorzinkjod gelblich färben und in Eau de Javelle auflösen; sie stellten Protoplasmareste vor. Der Zellkern fehlt in diesem Zustande.

Wenn in einem Querdurchschnitt die Epidermiszellen nicht beschädigt sind, so durchbricht der Faden, mit Wasser in Berührung gebracht, die Aussenwand und tritt heraus, indem er sich umkehrt, wie ein Handschuhfinger. Wenn der Faden nur teilweise sich umgekehrt hat, so bemerkt man eine Innen- und eine Aussenwand; die Innenwand ist weiter nichts als der Teil des Fadens, welcher sich in den andern eingeschoben hat. Gleichzeitig mit der Umwendung des Fadens geben die Spiralen ihre Form auf, so dass sie später nur noch das Aussehen von kleinen Windungen haben. Der Austritt des Fadens geht langsam vor sich; es sind dazu wenigstens 24 Stunden erforderlich und selbst später kann man fast immer noch einen Theil des Fadens beobachten, welcher sich noch nicht umgekehrt hat. Correns [1]) empfiehlt, das Präparat unter dem Mikroskop auf 75 ° C. zu erwärmen.

[1]) l. c. p. 146.

Die Entwickelung des Fadens. Correns[1]), welcher eingehend die Struktur des Fadens und seinen durch den Hinzutritt von Wasser verursachten Austritt beschreibt, berührt nur beiläufig die Frage der Entwickelung. Seine unvollständige und wenig genaue Beschreibung ist von Figuren begleitet, die auch den thatsächlichen Sachverhalt nur sehr entfernt wiedergeben In jüngster Zeit hat Grütter[2]) sich mit dieser Frage im besonderen beschäftigt. Er beschreibt folgendermaassen die Entstehung des Fadens aus den Epidermiszellen bei Cuphea strigulosa: „Sobald die Verholzung der Sclereidenschicht beginnt, wird in der Epidermis die erste Anlage des Schleimhaares gebildet. An der Aussenwand der Epidermiszellen (wo nicht anderes bemerkt ist, spreche ich von Cuphea strigulosa) bemerkt man eine dünne, fast kreisrunde scheibenartige Verdickung; am besten kann man sie in der Aufsicht betrachten, da sie wegen der sehr geringen Dicke im Queroder Längsschnitte nicht auffällt. Nach und nach wird die Verdickung immer grösser, bis sie endlich der in der Anatomie erwähnten Ansatzstelle des Haares an Stärke ungefähr gleichkommt. Eine weitere Differenzirung ist aber auch jetzt noch nicht zu bemerken. Die Scheibe ist völlig homogen gebaut und zeigt in der Mitte keine Höhlung. Nun bildet sich im Inhalt der Zelle, von der Ansatzstelle ausgehend, aber nicht von der ganzen Fläche, sondern nur von einem kleinen Teile derselben ein dünner, fadenartiger Strang, welcher das ganze Protoplasma in mehreren Windungen durchzieht. Dieser Strang zeigt mit Chlorzinkjod eine Färbung, wie sie etwa ganz jungen meristematischen Zellhäuten zukommt, eine Mischung von gelb und grau. Sobald der Strang sich gebildet hat, sammelt sich das Protoplasma sackartig um ihn an. Der Zellkern ist immer

[1]) l. c. p. 150—151.

[2]) l. c. p. 20—21.

noch vorhanden. Mittelst geeigneter Tinctionen (am besten ist Hämatoxylin) und starker Vergrösserung bemerkt man im Plasma eigentümliche Differenzirungen, welche wohl mit Dippel's „Protoplasmaströmchen“ bei der Entstehung von spiralen und netzförmigen Wandverdickungen identisch sein dürften. Es zeigen sich im Plasmasack, in einem bestimmten Winkel zu dem columellaartigen Strang stehend, feine Körnchenstreifen (Fig. 22). Sie beginnen vorerst an der Ansatzstelle, wo sie am stärksten sind. Nach dem Ende des Stranges zu, wo dieser allmählich dünner wird ist noch nichts zu bemerken. Bald lagern sich um die Columella, genau in der Richtung und an den Stellen der Streifen, Verdickungsleisten spiralförmig an und zwar beginnt auch dieser Prozess an der Ansatzstelle. Successive schreitet nun die Anlagerung an der Columella weiter vor, wobei sich stets genau die gleichen Vorgänge abspielen. Die älteren spiralförmigen Verdickungen werden immer stärker, die Streifen im Protoplasma rücken immer weiter der Columella entlang und ihnen folgen auf dem Fusse die ersten dünnen Leistenanlagen (Fig. 23). So schreitet der Prozess fort, bis das Haar seine vollständige Grösse erlangt hat. Die Körnchenstreifen sind oft noch an älteren Haaren bemerkbar.“

Ich habe dies wörtlich wiedergegeben, weil sich thatsächlich ganz anders als dies Grütter angiebt die Entwicklung des Fadens bei Cuphea Zimapani vollzieht. Bei dieser Art beginnt sich der Faden erst dann zu bilden, wenn die Epidermiszellen und die Samen ihre ausgewachsene Grösse erreicht haben. Alsdann kann man selbst auf einem einzigen Querschnitt eines Samens die verschiedenen Stadien der Entwickelung beobachten. Bei den einen der Zellen, weist das Protoplasma, in dem man einen Zellkern mit einem oder zwei Nucleolen bemerken kann, keine Veränderung auf, welche uns an den Faden erinnerte; aber die äussere Wand zeigt eine

Hervorragung, welche nichts anderes ist, als eine Verdickung der äusseren Wand (Fig. 3); diese Hervorragung stellt den Ansatz des künftigen Fadens dar. Gleichzeitig bemerkt man, dass das kontrahirte und von der Wand (durch Alkohol oder Glycerin) getrennte Protoplasma an der äussern Wand gegenüber dem Ansatze anliegen bleibt. In anderen benachbarten Zellen kann man einen weiter fortgeschrittenen Zustand bemerken. Gegenüber dem Ansatze erkennt man einen kleinen Teil körnigen Protoplasmas, das dichter ist als das übrige, eine Hervorragung bildet, die nach dem Innern der Zelle hin den Ansatz fortsetzt (Fig 4a). Von diesem Ansatz ausgehend bildet sich der körnige Teil bald durch die Verschmelzung der Körnchen in eine homogene Masse um. Bisweilen kann der körnige Teil von dem homogenen Teile getrennt sein und es zeigt sich dann im Querschnitt eine Höhlung, welche nichts anderes ist, als der Raum, welchen der homogene Teil des Fadens einnimmt (Fig. 4b). Gleichzeitig mit der Entstehung dieser Transformation bemerkt man in dem übrigen Teile des Zellularprotoplasmas keine Veränderung, ausser dass sich ein neuer Teil körnigen Protoplasmas an dem unteren Teile der schon homogenen Partie ansammelt (Fig. 5) und einen neuen Fadenteil bildet, der später dieselbe Umwandlung erleiden wird, wie der vorhergehende. Indem so der zuerst gebildeten Körnchenmasse eine homogene Masse folgt, wächst der Faden in das Innere des Zelllumens. Während er wächst, rollt er sich gleichzeitig spiralförmig auf (Fig. 5, 6, 7, 8) so dass man Phasen mit ein, zwei und mehreren Windungen beobachten kann. Die ersten Spiralen sind viel weiter auseinandergezogen als die später gebildeten. Indem der Faden immer wächst, füllt er schliesslich nach allen Richtungen sich windend fast das ganze Zelllumen an (Fig. 9, 10). Neben den homogenen Spiralen kann man andere körnige Spiralen beobachten; die körnigen Spiralen, welche oft

frei und getrennt vom Faden sind, sind die Reste des körnigen Teiles des Fadens, welche nicht verschmolzen sind. Wenn der Faden schon das ganze Zelllumen einnimmt, so verdeckt der körnige Teil die homogenen Spiralen, so dass man nach einem solchen Durchschnitt glauben kann, dass es sich um einen Faden handelt, dessen Umrisse noch nicht scharf umgrenzt sind. Mittelst einer ganz dünnen Lösung von Alaun-Carmin kann man sehr gut die beiden Arten von Spiralen unterscheiden und sehen, dass der Faden seit den ersten Phasen sehr gut begrenzt ist, da sich die homogenen Spiralen ganz schwach violett färben und die körnigen Spiralen ungefärbt bleiben. Wendet man Eau de Javelle an, so bemerkt man, dass der Faden in allen beschriebenen Phasen sich auflöst, und dass die Auflösung gleichzeitig in allen Teilen desselben vor sich geht, so dass er ganz und gar verschwindet. In höchstens einer halben Stunde bemerkt man, wenn man am Rande des Deckglases nach und nach von diesem Reagens zuführt, dass vom Faden nur der Ansatz zurückbleibt; in allen diesen Phasen ist also der Faden noch in protoplasmatischem Zustande; die einzige aus Cellulose bestehende Partie ist der Ansatz der sich sehr charakteristisch violett färbt, wenn man nach der Einwirkung von Eau de Javelle Chlorzinkjod anwendet. Wo wir Eau de Javelle angewandt haben, haben wir beobachtet, dass die körnigen Spiralen leichter als die homogenen Spiralen sich auflösen; gleichzeitig geben mit Alaun-Carmin die homogenen Spiralen keine ganz protoplasmatische Reaktion; also ist die homogene Partie gebildet aus einer Substanz, welche eine Zwischenstufe zwischen Protoplasma und dem Kohlenhydrat vorstellt. In allen erwähnten Phasen kann man immer den Zellkern sehen, er nimmt also an der Bildung des Fadens nicht teil.

Der vollständig entwickelte Faden ist anfangs massiv und in diesem Zustande tritt er nicht unter der Ein-

wirkung des Wassers aus der Zelle heraus. Später wird er hohl und Grütter[1]) glaubt, dass die Höhlung des Fadens von der Umbildung seines innern Teils in Schleim herrührt. Wenn er schon hohl ist wird seine Wand kutinisirt, so dass sie sich mit Chlorzinkjod gelblich färbt; gleichzeitig ist das Protoplasma, welches den Faden umgab, sehr reduzirt und findet sich zwischen den Windungen des Fadens.

Den genannten Strang in Verbindung mit kleinen Körnchenstreifen, welche Grütter gesehen zu haben behauptet, ist mir nicht möglich gewesen zu beobachten, selbst nicht unter denselben Bedingungen, indem ich für die sehr jungen Phasen Chlorzinkjod oder Hämatoxylin anwandte. Es ist mir oft vorgekommen, dass ich auf Durchschnitte stiess in denen ein Teil der Zellen das in Fig. 10 dargestellte Verhalten zeigte; in diesem Falle kann man glauben, dass es sich um etwas mit Grütters Strang analoges handelt, aber hier liegt ein leicht irreführender Fall vor, welcher seine Erklärung darin findet, dass bei dieser Durchschneidung des Fadens, welcher am Ansatz haftet, in dem nicht durchschnittenen Teile der Zelle nur die körnigen Spiralen sichtbar sind, welche die homogenen Spiralen umgaben. Es scheint mir daher, dass Grütter in solchen Präparate irrtümlicher Weise sehr junge Zustände des Fadens erblickt hat.

Sinapis alba.

Die Samen von Sinapis alba und mit ihnen eine grosse Anzahl anderer Samen verschiedener Cruciferen besitzen in ihren Epidermiszellen ein schleimiges Organ mit einer von der bei Cuphea beobachteten ganz abweichenden Struktur.

Die reifen Samen von Sinapis alba sind dunkelgelb;

---

[1]) l. c. p. 21.

ihre Samenschalen zeigen im Querschnitt nach Guignard[1]) folgende Struktur: Das äussere Tegument, gebildet aus einer äusseren Schicht, der Epidermis, aus zwei mittleren Schichten und aus einer sklerenchymatischen inneren Schicht; das innere Tegument gebildet aus sieben bis acht in zentrifugaler Richtung sehr komprimirten Schichten, aus einer proteinhaltigen Schicht und einer perlmutterartigen Lamelle. Nur das äussere Tegument interessirt uns, weil seine äussere Schicht die Verdickungen die sich wie Schleim verhalten, enthält. Sempolowski[2]) gibt eine Beschreibung des Schleimes, aber dieselbe kann uns kein vollständiges Bild von seiner Struktur geben und teilweise ist sie ungenau. Ich halte es daher für nötig bevor ich auf die Entstehung des Schleimes eingehe zunächst seine Struktur im ausgewachsenen Zustande zu beschreiben. Für das Studium des ausgewachsenen Zustandes ist es unumgänglich erforderlich, dass das Material in absolutem Alkohol eingelegt wurde. Wenn man einen Querschnitt des Teguments in absolutem Alkohol beobachtet, so sieht man, dass die Epidermiszellen und auch die beiden anderen Schichten, welche auf dieselben folgen in radialer Richtung eng zusammen gedrückt erscheinen, so dass es unmöglich ist, die Struktur des Schleimes zu beobachten; wenn man aber am Rande des Deckglases einen Tropfen Kalilauge einführt, oder besser noch Jod-Jod-Kali, so nehmen gleich die Epidermiszellen und die nachfolgenden Schichten ihren früheren Durchmesser wieder an und die Struktur des Schleimes wird mehr und mehr erkennbar. An dem Oberflächenschnitt eines Samens, in einem Tropfen Kali betrachtet, sieht man, dass die

---

[1]) C. Guignard. Recherches sur le développement de la graine et en particulier du tégument séminal. Journal de Botanique No. 2. 1893. p. 30—31.

[2]) Sempolowski. Beiträge zur Kenntnis des Baues der Samenschale. Leipz. 1874. Inaug.-Dis. p. 52.

Epidermiszellen fünf bis sieben Seiten haben und der Schleim, welche das ganze Zelllumen einnimmt, aus konzentrischen Schichten um eine kleine Oeffnung gebildet ist (Fig. 12), welche nichts anderes ist, als das reduzirte Zelllumen im Querschnitt gesehen. In der Reihe der konzentrischen Schichten können wir drei Zonen unterscheiden: eine innere, welche das Licht sehr stark bricht und sehr eng gedrängte Schichten hat, eine mittlere, welche das Licht etwas weniger bricht und weniger deutlich erkennbare Schichten hat und endlich eine dritte äussere, die das Licht sehr wenig bricht und deutlich unterschiedene und häufig durch Zwischenräume von einander getrennte Schichten hat. Oft kann man Spaltungen bemerken, welche in der Form eines Radius die Reihe der konzentrischen Schichten durchschneiden (Fig. 13). Um sich ein genaues Bild von der Lage der Schichten zu machen, ist es erforderlich, dass der Oberflächenschnitt von einem Längsschnitte begleitet sei. Wenn man dann einen solchen Durchschnitt in Kali lange betrachtet, ist man erstaunt über die seltsame Richtung der Schichten. Eine schematische Figur (F. 14) erklärt am besten die Anordnung derselben. Wenn man eine der äussersten Schichten beobachtet, so ist ersichtlich, dass sie von der äusseren Wand ausgeht (a), dann in das Zelllumen nach unten gerichtet vordringt und hierauf in einer nach oben geöffneten Kurve sich wieder gegen die äussere Wand gerichtet erhebt, ohne dieselbe jedoch von neuem zu berühren (b). Wenn man nun eine mehr nach innen gelegene Schicht beobachtet so sieht man, dass dieselbe durch die Seitenwände gestützt ist (c) und, dass sie genau wie die eben beschriebene Schicht verläuft, bis zu einer gewissen Höhe nach oben steigt gegen die äussere Wand gerichtet (d). Im ausgewachsenen Zustande sind nur die Schichten des unteren Teiles der Zelle genau unterschiedlich, die äussern Schichten sind wegen der Kompression sehr

wenig sichtbar (Fig. 15) und wenn man den Durchschnitt in Glycerin beobachtet, so verschwindet die Schichtung in sehr kurzer Zeit. Während Sempolowski[1]) behauptet, dass das Zelllumen ganz bis auf die Form einer Linse reduzirt ist, und dass es nur durch den untern Teil der Zelle begrenzt ist, habe ich konstatiren können, dass das in der That sehr reduzirte Lumen sich in der ganzen Höhe der Zelle ausdehnt von der innern Wand, wo es breiter wird bis zur äussern Wand wo es sehr eng ist, indem es alle Schleimschichten durchschneidet (Fig. 15). Wahrscheinlich waren die von Sempolowski beobachteten Durchschnitte immer schräg, so dass er nur einen Teil des Lumens beobachten konnte; um das Lumen ganz zu beobachten, ist es nötig, dass der Durchschnitt vertikal ist und gerade durch die Mitte der Zelle geht. Im Zelllumen findet sich immer eine sehr reduzirte Menge Protoplasma, aber ich habe nicht beobachten können, dass in diesem Protoplasmarest ein Kern vorhanden war. Mit konzentrirter Schwefelsäure quillt der Schleim zuerst bis zu Unkenntlichkeit der Schichten und löst sich dann auf. Mit Chlorzinkjod färbt sich der Schleim zum teil violett, in dem er gleichzeitig quillt. Kupferhydroxydamoniaklösung löst den Schleim nicht auf, selbst nicht wenn die Durchschnitte 24 Stunden in dieser Lösung liegen. Methylenblau färbt ihn blau; Congoroth lässt ihn ungefärbt. Nach diesen Reaktionen entfernt sich dieser Stoff von der reinen Cellulose und nähert sich mehr der Gruppe der Pektinstoffe. Wenn man das Wasser langsam auf einen Durchschnitt wirken lässt, so quillt der Schleim, ohne die Cuticula zu durchbrechen und nimmt ein immer grösseres Volumen an, während gleichzeitig die Schichtung immer unklarer wird bis zur schliesslichen Unkenntlichkeit. Mitten in dem so geblähten Schleime kann man immer eine Cylinderförmige

[1]) l. c. p. 52.

Partie unterscheiden, welche der nach oben gebogene Teil der Schichten ist und um das Lumen gelagert ist (Fig. 16, 17). Die Schichten, welche die innere und mittlere Zone bilden, quellen schneller auf und je mehr die Quellung fortschreitet, desto mehr nimmt die Konkavität der Schichten ab.

Die Entstehung des Schleimes. Wenn man sehr junge Samen betrachtet so erblickt man in den Epidermiszellen nichts, was an die Verdickungen erinnert, die ihr Lumen im ausgewachsenen Zustande einnehmen, aber sie sind von einer grossen Menge Stärke erfüllt, welche das Protoplasma verdeckt (Fig. 18). Wenn man auf einen solchen Durchschnitt Millonreagens wirken lässt, so löst sich die Stärke unmittelbar und das Protoplasma kommt zum Vorschein mit dem Zellkern, der sich immer in der Protoplasmamasse mitten eingehüllt findet (Fig. 19). Die Zellen der beiden folgenden Schichten des äusseren Teguments sind auch von einer grossen Menge Stärke erfüllt. In dieser Phase stellt das Tegument dieselbe Struktur dar, wie die im Tegument der reifen Samen beobachtete, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Zellen der inneren Schicht des äussern Teguments noch nicht sklerifizirt sind und ihre Wände sich wie die Wände der Epidermiszellen mit Chlorzinkjod violett färben; die äussern Wände der Epidermiszellen sind an der Oberfläche von einer Kutinschicht bedeckt. In den Epidermiszellen der etwas reiferen Samen bemerkt man keine Spur von Stärke, welche jedenfalls durch Auflösung verschwunden ist und der Protoplasmainhalt ist mehr reduzirt (Fig. 20a); aber die Zellen der beiden folgenden Schichten enthalten noch eine kleine Menge. Während man auf demselben Durchschnitt bei den einen der Zellen der Epidermis noch keine andere Veränderung bemerkt, kann man in anderen benachbarten Zellen schon im Kontakt mit der inneren Partie der äusseren Wand eine in das Zelllumen hineinragende Verdickung

wahrnehmen. Wenn diese Durchschnitte in Glycerin oder Jodglycerin beobachtet werden, scheint die Verdickung kompakt und homogen, wenn sie aber in absolutem Alkohol beobachtet werden, so kann man leicht bemerken, dass sie schon aus einer grossen Zahl von Schichten besteht (Fig. 20 b); an dem untern Teile dieser Reihe von Schichten, welche schon die Eigentümlichkeiten eines Kohlehydrates erkennen lassen, kann man in der Protoplasmamasse eine neue differenzierte Schicht bemerken, welche sich mit Chlorzinkjod und mit Jodglycerin gelblich färbt und in Eau de Javelle sich sehr schnell auflöst; wir stehen also vor einer neuen Schicht, welche infolge dieser Reaktion noch protoplasmatische Eigentümlichkeiten zeigt. Diese gelbliche Schicht verwandelt sich schnell in eine Schicht von Kohlehydrat und ihr folgt eine neue Protoplasmaschicht, welche später dieselbe Metamorphose erleiden wird. Die Bildung der Schichten geht sehr rasch vor sich, so dass es mir unmöglich war ein Stadium mit nur einer einzigen Schicht zu beobachten, aber das hindert nicht zu sehen, dass eine ganze Reihe der Schleimschichten sich durch Apposition bildet, ausgehend von der äussern Wand und gegen das Innere des Zelllumen vordringend (Fig. 21, 22, 23). In dem Maasse wie sich neue Schichten bilden, werden die früher gebildeten komprimirt und infolge dessen immer mehr unkenntlich. Sehr bemerkenswert ist es, dass der Zellkern während der ganzen Bildungszeit der Schichten in Beziehung auf die Schichten eine konstante Lage behält. Während derselbe vor der Formation der Schichten eine veränderliche Lage hatte, so behauptete er von dem Beginn der Formation der ersten Schichten beständig den durch die Krümmung der Schichten gegen die äussere Wand entstandenen Raum (Fig. 20, 21, 22, 23) und ohne diese Lage aufzugeben steigt er in dem Maasse nach unten, wie die neuen Schichten sich absetzen; gleichzeitig reduzirt er sich fortwährend bis zum schliess-

lichen Verschwinden. In den jungen Phasen unterscheidet sich die Reihe der Schichten, welche schon gebildet, durch keine Eigentümlichkeit von den im ausgewachsenen Zustande beobachteten, wo schon die ganze Reihe der Schichten formirt ist, indem sich dieselben auf gleiche Weise gegen die oben genannten Reagentien verhalten. Auch in Wasser quellen die Schichten von den ersten Stadien an.

Salvia Horminum.

Die Früchte von Salvia Horminum und andern Species von Salvia, sowie einer grossen Zahl anderer Labiaten haben in ihren Epidermiszellen ein anderes Schleimorgan, als das bei den beiden vorhergehenden Pflanzen beobachtete. — Die Früchte von Salvia haben eine ovale Form und in dem fertigen Zustande sind sie dunkelbraun. Wenn man eine reife Frucht in Wasser taucht so bedeckt sie sich unmittelbar mit einer schleimigen Hülle, welche weiss ist und von den Epidermiszellen der Fruchtschale abgeschieden wird. Um die Struktur des Schleimes zu erkennen, ist es unbedingt notwendig, dass ebenso wie bei den vorigen Beispielen das Material in absolutem Alkohol konservirt wird, aber da die reifen Früchte sehr hart sind, ist es empfehlenswert, um gute Durchschnitte leicht zu erhalten, sie 24 Stunden in einer Mischung von Alkohol und 5 % reinen Glycerin zu halten. Macht man nach dieser Vorbereitung einen Querschnitt einer Frucht und beobachtet ihn in absolutem Alkohol, so sieht man, dass die Epidermiszellen der Fruchtschale sehr lang und ein wenig schräg auf der nachfolgenden parenchymatischen Schicht angeordnet sind und die Form von fünf- bis siebeneckigen Prismen haben. Auf die primäre Membran folgt eine sekundäre Membran in welcher wir, wenn auch in undeutlicher Weise, zwei Zonen unterscheiden

können, die das Licht stark brechen. Um die Struktur dieser Verdickungsschichten zu erkennen, muss man am Rande des Deckglases Wasser oder noch besser eine sehr dünne Jodwasserlösung einführen. Sobald das Wasser oder die Jodlösung in Berührung mit dem Durchschnitt gelangt, bricht die Cuticula auf und die Verdickungen, welche sich von der primären Membran lostrennen, treten heraus in der Form eines Cylinders, der in wellenförmiger Bewegung sich verlängert, häufig bis zu einer Länge, die vierzigmal grösser ist als die anfängliche. Alsdann werden die beiden Zonen, welche im Alkohol wenig erkennbar waren, ganz deutlich, und wir können gleichzeitig bemerken, dass die äussere schleimige Zone sehr feine Schichten und auch gleichzeitig spiralen zeigt (Fig. 24, 25). Wie gross auch die Länge des Cylinders sei, die Spiralen dieser äussern Zone bleiben immer einander enge aneinander gerückt und wenn die Einwirkung des Wassers andauert, so verschwinden sowohl die Schichten, wie die Spiralen, so dass diese Zone das Aussehen einer schleimigen Masse ohne erkennbare Struktur gewinnt. Diese Schleimzone, welche sich so gegen Wasser verhält, umgibt eine innere dichtere Zone, in welches man sehr gut anfangs eine, später zwei spiralförmige parallele Bänder unterscheiden kann (Fig. 24), welche sich nach links entrollen. Je mehr sich die äussere Schleimzone verlängert, desto mehr entfernen sich die Spiralen von einander. Die spiraligen Bänder sind viel dicker als breit und in einem Stadium der Quellung kann man bis vier Schichten bemerken, welche sich später trennen (Fig. 24). Wenn wir Reagentien anwenden, so können wir sehen, dass diese beiden Zonen der sekundären Membran sich nicht auf die gleiche Weise verhalten; mit Chlorzinkjod färbt sich die äussere Zone sehr wenig violett, während die innere eine mehr intensivere violette Färbung annimmt; Congoroth lässt die äussere Zone ungefärbt, während

die innere sich mit derselben roth färbt; Methylenblau färbt die äussere Schicht und lässt die innere Zone ungefärbt. Nach diesen Reaktionen gehörte die innere Zone der reinen Cellulose an, während die äussere zu einer der reinen Cellulose verwandten Gruppe, der Gruppe der Pektinsstoffe gehörte. Der inneren Zone folgt eine dritte Membran, in welcher ich mittelst starker Vergrösserungen sehr kleine und zahlreiche Pünktchen beobachtete (Fig. 26). Sie färbt sich gelblich mit Chlorzinkjod auch mit Jodglycerin und löst sich innerhalb einer Stunde in Eau de Javelle auf. Diese Membran, welche den angeführten Reaktionen gemäss von protoplasmatischer Natur zu sein scheint, verlängert sich durch die Einwirkung von Wasser auch mit dem Schleim und den spiraligen Bändern; da sie aber nicht die Eigenschaft hat sich stark zu verlängern, so kann sie nicht lange der Spannung der sie unterworfen ist, wiederstehen, so dass sie zerreist und wir in der ganzen Länge des Cylinders kleine Teile von ihr wahrnehmen. Bisweilen verlängert sich diese Membran auch gar nicht und bleibt an ihrer Stelle an der primären Wand der Zelle. In dem reduzirten und von dieser letzteren Membrane umgebenen Zelllumen kann man noch eine kleine Menge von Protoplasma und einen sehr reduzirten Zellkern bemerken.

So ist im allgemeinen die Struktur der Verdickungen der Epidermiszellen der Früchte; für die Einzelheiten sind die Arbeiten von Strasburger[1]), Nägeli[2]), Hofmeister[3]), Klebs[4]) zu vergleichen.

---

[1]) Strasburger. Ueber Bau und Wachstum der Zellhäute. Jena 1882. p. 72—74.

[2]) Nägeli. Innerer Bau vegetabilischer Zellmembranen. Sitz.-Ber. d. k. Bayr. Ak. 1864. Bd. II. p. 116—119.

[3]) Hofmeister. Ueber die zur Gallerte aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Perikarpien. Ber. der k. Gesellschaft d. Wissensch. Leipz. Bd. II. 1858. p. 27—28.

[4]) l. c. p. 588.

Die Entwicklung der Verdickungen. Nägeli[1]) und Hofmeister[2]) glauben, dass die Spiralen der äussern und innern Schichten von dem Zerreissen einer kontinuirlichen Lamelle herrührten, welche spiralig in weiche und dichte Bänder differenzirt sei, und dass später den weichen Bändern entlang, die Trennung erfolgte. Frank[3]) ist derselben Meinung und der Entwickelung der Epidermiszellen-Verdickungen bei Salvia vulgaris folgend behauptet er, die äussere Verdickung zuerst unter der Form einer dünnen Lamelle beobachtet zu haben, welche unter der Einwirkung von Wasser quelle; er sagt, dass die Substanz dieser Lamelle ganz und gar homogen sei. Aber diese Beschreibung ist nur von einem Querschnitt begleitet, ein Längsschnitt der Zelle der unbedingt nötig wäre, um zu sehen ob thatsächlich die im Wasser aufgequollene Masse homogen ist, fehlt. Später sagt er, bemerkt man eine andere innere Schicht, die das Licht sehr stark bricht und in Wasser nicht quillt; in einem Längsschnitt beobachtet, soll sie einer vierfach gewundenen Spirale gleichen. Weiter sagt er, dass diese innere Lamelle, welche spiralenförmig zerrissen ist, nicht durch Apposition entstanden ist, sondern durch die Trennung der äusseren Schleimschicht. Strasburger[4]) hält die Spiralen der äusseren Schichten und vielmehr noch der inneren nicht für Differenzierungen in weiche und dichte Bänder, entstanden aus einer kontinuirlichen Lamelle, sondern für eine wirkliche spiralige Verdickung, gebildet aus einer grossen Zahl spiraliger Bänder, welche seitlich adhärirten.

Meine Beobachtungen stimmen keineswegs mit Nägeli's Meinung und Frank's Beobachtungen überein, sondern mit der Ansicht Strasburger's.

---

[1]) l. c. p. 117.
[2]) l. c. p. 28.
[3]) l. c. p. 170—172.
[4]) l. c. p. 73.

In den einen der Epidermiszellen der jungen Früchte bemerkt man keine Veränderung, die Zellen haben einen reichlichen Inhalt von Protoplasma und einen Zellkern der meist an dem unteren Teile der Zelle sich vorfindet; in demselben Durchschnitt beobachtet man an anderen Zellen schon in der Protoplasmamasse Mikrosomen, welche sehr regelmässig gelagert sind und Protoplasmabänder bilden und sich in der Richtung der oben genannten Spiralen erstrecken (Fig. 27, 28). Durch Alkohol werden das Protoplasma und die Protoplasmabänder, welche in seiner Masse differenziert sind, kontrahirt und von der primären Wand entfernt; da die Protoplasmabänder der genannten Spiralen sehr zahlreich sind, so zerreissen sie meistens und zerstreuen sich regelmässig, wenn man einen Durchschnitt macht, so dass man sie selten und nur in Menge in ihrer normalen Stellung beobachten kann. Wir haben also die erste Verdickung vor uns, welche durch eine grosse Zahl von protoplasmatischen Spiralen repräsentirt wird. Wir können uns davon überzeugen, dass es sich hier um einen protoplasmatischen Zustand handelt, indem wir Chlorzinkjod oder Jodglycerin anwenden, welche beide die Spiralen gelblich färben; Eau de Javalle löst in diesem Zustande die Spiralen auf. Später werden die Mikrosomen zusammen verschmolzen. Nach dem protoplasmatischen Zustande folgt das Stadium, wo die Spiralen sich nicht in Eau de Javelle auflösen, sich mit Chlorzinkjod violett färben ebenso mit Alaun-Carmin; sie bestehen also schon aus Cellulose. Anfangs sind die Cellulose Spiralen fein und dünn (Fig. 29, 30) und wenn man diese Durchschnitte der Einwirkung des Wassers aussetzt, so quellen sie nicht in dieser Flüssigkeit; also verhalten sie sich noch nicht, wie ein Schleim; gleichzeitig bemerkt man in der Masse des Protoplasma keine neue Modifikation. Machen wir einen Durchschnitt von einer etwas älteren Frucht, als die vorhergehende,

so bemerken wir in einem Querschnitt (Fig. 31) oder noch besser in einem Längsschnitt (Fig. 32), dass die Verdickung viel grösser ist und die Spiralen einander so nahe gerückt, dass, wenn der Durchschnitt in Alkohol beobachtet, wird, es fast unmöglich ist, sie zu unterscheiden, so dass man in den Irrtum verfallen kann zu glauben, dass es sich um ein homogenes Band handelt, welches sehr stark das Licht bricht. Lässt man auf einen solchen Durchschnitt langsam Wasser wirken, so bricht die Cuticula auf und die Verdickung verlängert sich frei geworden in Form eines Cylinders und in dem Masse, wie sie sich verlängert, lässt sie immer deutlicher sehr feine Spiralen und Schichten unterscheiden (Fig. 33 und 34); also ist die äussere Verdickung schon in Schleim umgewandelt. In dem Zustande wo die Spiralen der äusseren Verdickung noch aus Protoplasma gebildet waren, ist es mir nicht möglich gewesen, an den Mikrosomen eine Lagerung zu beobachten, welche an die feinen Schichten erinnerte, welche in dem Stadium beobachtet wurden, in welchem sich die Verdickung wie Schleim verhielt; sondern da man niemals neue Protoplasmabänder beobachtet, welche den ersten folgten, so kann ich sicher sein, dass die beobachteten Protoplasmabänder alle Verdickungsschichten bilden, und dass in diesen Bändern eine Lagerung von Mikrosomen für jede Schicht besteht, aber dass diese Lagerung sich der Beobachtung entzieht.

Sobald die Verdickung die Eigenschaft erhalten hat, in Wasser aufzuquellen, zeigt sie keine Reaktion von reiner Cellulose mehr, mit Chlorzinkjod färbt sie sich violet, bleibt ungefärbt in einer Congorot-Wasserlösung, färbt sich blau mit Methylenblau und ist unlöslich in Kupferhydroxydammoniaklösung.

Während die äussere Verdickung sich schon wie Schleim verhält, beobachtet man in der Protoplasmamasse eine neue Veränderung, welche der für die For-

mation der äusseren Verdickung beobachteten durchaus analog ist; neue Bänder von Protoplasma, aus Mikrosomen gebildet, formiren sich in spiralförmiger Richtung und verhalten sich gegen verschiedene Reagentien analog den Protoplasmabändern der vorhergehenden Verdickung (Fig. 35). Auf den protoplasmatischen Zustand folgt unmittelbar der cellulosische, wo mit Chlorzinkjod eine violete, mit Congorot eine rote Färbung eintritt. Die anfangs dünnen Spiralen (Fig. 36) sind später bedeutend dicker (Fig. 37). Ich glaube auch hier, dass die Schichten, welche sich in der inneren Verdickung durch die Einwirkung von Wasser lostrennen, alle von einem einzigen Protoplasmaband gebildet sind.

Der Rest des Protoplasmas bildet später die dritte Membran, welche immer den protoplasmatischen Zustand behält und, wie wir gesehen haben, zahlreiche kleine Punkte zeigt. Ein Protoplasmarest mit einem reduzierten Kern ist immer in den Zelllumen, welcher durch diese Membran begrenzt ist, zu sehen.

Cobaea scandens.

Die Samen von Cobaea scandens sind flach und seitlich geflügelt; hält man sie lange in Berührung mit Wasser, so bedecken sie sich mit sehr langen Fäden, die von ihren Oberflächenzellen ausgehen. Wenn man einen Querschnitt eines Samens von in absolutem Alkohol aufbewahrten Material prüft, so sieht man, dass die Oberflächenzellen, welche in kleinen Vertiefungen auf einer Schicht parenchymatischer Zellen sitzen [1]), eine sehr unregelmässige Form und verschiedene Grösse haben, indem sie viel grösser auf den beiden Flächen der Samen sind, als an den Rändern; gleichzeitig bemerkt man, dass die Wände dieser Zellen spiralige Linien aufweisen, die einander alle sehr nahe verlaufen. Im Zell-

[1]) G. Klebs, l. c. p. 585.

lumen kann man einen protoplasmatischen Inhalt und einen Kern bemerken. Zur Erkenntnis der Struktur der Wände dieser Zellen, müssen die Durchschnitte gefärbt werden. Mittelst Congorot und Methylenblau kann man in der Zellwand (Fig. 38, 39) eine äussere sehr dünne Schicht und eine innere mit spiraligen Verdickungen verdickungen versehene, die allein vor der Anwendung der Farben den Reagentien sichtbar waren unterscheiden. In derselben Zeit, wo die Struktur der Wand ersichtlich wird, nehmen die Zellen eine regelmässigere Form an, indem sie cylindrisch oval oder sphärisch werden. Die Schichten, welche die Zellwand bilden, verhalten sich nicht auf die gleiche Weise gegen die verschiedenen Reagentien; wenn man dünne Durchschnitte 24 Stunden lang in Kupferhydroxydammoniaklösung hält, so lösen sich die innere Schichten und die spiraligen Verdickungen auf und von der Wand bleibt nur die äussere dünne Schicht, die sich, wenn man später Chlorzinkjod anwendet, ein wenig trüb violett färbt. Mit Congorot färben sich nach einiger Zeit die innere Schicht und die spiraligen Verdickungen rot und zwar diese letzteren dunkel, die äussere Wand bleibt ungefärbt. Chlorzinkjod färbt die innere Wand und die spiraligen Verdickungen violett, aber die äussere Wand färbt sich wenig violett. Gemäss diesen Reaktionen gehörten nur die innere Wand und die spiraligen Verdickungen der reinen Cellulose an, die feine äussere Schicht würde vielmehr den von Mangin so genannten Pektinstoffen angehören. Bei der Anwendung der genannten Reagentien bemerkt man gleichzeitig, dass die äussere Schicht sehr gequollen und von der inneren entfernt ist (Fig. 39). Werden die Samen mit Wasser in Berührung gebracht, so quillt die innere Wand mehr und mehr und auf diese Weise entfernen sich die anfangs einander sehr nahe gerückten Spiralen von einander mehr und mehr; erreicht die Aufquellung ihr Maximum, so werden die

Spiralen frei und entrollen sich in Gestalt eines nach allen Richtungen sich windenden Fadens (Fig. 40). Die Einwirkung des Wassers zeigt sich bei dieser Pflanze viel langsamer als bei den vorhergehenden; damit der Faden frei sei, ist es nötig, dass die Samen einige Tage in Wasser bleiben. Klebs[1]) empfiehlt, um eine leichtere Lösung der Verdickungen herbeizuführen, die Samen mit einem festen Körper berühren.

Die Entwickelung der Verdickungen. In den Zellen (Oberflächenzellen) junger Samen bemerkt man nichts was uns an die spiraligen Verdickungen erinnern könnte, aber die Wand zeigt schon die innere von der Protoplasmamasse deutlich unterschiedene Schicht; diese junge innere Schicht bietet nur noch die Protoplasmareaktionen, indem sie sich mit Jod oder Chlorzinkjod gelblich färbt und in Eau de Javelle auflöst; sie adhärirt nur sehr schwach der äusseren aus Cellulose bestehenden Schicht, so dass man sie fast immer von dieser Schicht gleichzeitig mit dem Protoplasma getrennt sieht (Fig. 41). In dem so durch diese innere Schicht begrenzten protoplasmatischen Inhalte bemerkt man noch keine Differenzierung, die Mikrosomen sind regelmässig durch die ganze Protoplasmamasse zerstreut. Später bemerkt man, dass die Mikrosomen in der Protoplasmamasse eine bestimmte Anordnung nehmen, indem sie sich in der Gestalt von Bändern lagern, welche an die Verdickungen des fertigen Zustandes erinnern; anfangs haben die Mikrosomenbänder eine solche Kommunikation unter einander, dass das Ganze einen netzartigen Anblick gewährt, aber später verschwinden die maschenartigen Verbindungen und die Bänder haben nur noch seitlichen Zusammenhang (Fig. 42). Mit Hämatoxylin lassen sich die Mikrosomen zur deutlichen Erscheinung bringen, indem sie sich färben. Die Mikrosomen verhalten sich

---

[1]) l. c. p. 586.

also hier ebenso wie bei der Bildung der Schraubengefässe. Da die Wände der Zellen sehr zerbrechlich sind, so ist es sehr schwer und nur in Partieen möglich die Mikrosomenbänder zu beobachten. In einer und derselben Zelle kann man an einigen Stellen die Bänder in optischem Querschnitt sehen (Fig. 42).

Während für die spiraligen Gefäss-Verdickungen Strasburger[1]) bemerkt hat, dass der Raum zwischen zwei Mikrosomenbänder später eine Verdickung wird, und dass die Mikrosomenbänder dazu dienen, das für die Verdickungen nötige Material zu liefern, habe ich für die Verdickungen von Cobaea die Beobachtung gemacht, dass die Stellen selbst, welche von den Mikrosomen eingenommen sind, später zu den Verdickungen werden. Thatsächlich kann man in den einen der Zellen Bänder bemerken, welche noch protoplasmatische Reaktionen zeigen, in denen man aber nicht mehr Mikrosomen unterscheiden kann und diese Bänder setzen sich kontinuierlich in Mikrosomenreihen fort (Fig. 43 und 44). In einem vorgeschrittenen Zustande bieten die spiraligen Bänder schon Reaktionen von Cellulose und gleichzeitig bemerkt man, dass sie dann viel dicker sind, als die Bänder im protoplasmatischen Zustande.

[1]) l. c. p. 80.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—2. **Cuphea strigulosa.**

Material in absolutem Alkohol.

Fig. 1. Zwei Epidermiszellen in einem Querschnitt des Teguments gesehen. Links kann man die Ansatzstelle des Fadens sehen. Lösung von Chlorzinkjod. Vergr. 415.

Fig. 2. Eine Epidermiszelle in einem optischen Oberflächenschnitt gesehen. Die Ansatzstelle des Fadens ist sichtbar; zum Teil zeigt sich der Faden in optischem Längschnitt. Lösung von Chlorzinkjod. Vergr. 415.

Fig. 3—11. **Cuphea Zimapani.**

Material in absolutem Alkohol.

Fig. 3. Eine junge Epidermiszelle, in der man keine Differenzierung der Protoplasmamasse wahrnimmt. Die Verdickung der äusseren Wand, welche der Ansatzpunkt des Fadens sein wird, ist schon gebildet, und an ihrer unteren Partie nimmt man eine reichlichere Menge von Protoplasma wahr. Lösung von Chlorzinkjod. Vergr. 525.

Fig. 4. a) Ein etwas vorgerückteres Stadium, wie bei der vorigen Figur; b) der körnige Teil des Protoplasma, welches an der unteren Partie der Wandverdickung aufgehäuft ist, ist im Querschnitt gesehen. Lösung von Chlorzinkjod. Vergr. 525.

Fig. 5—9. Junge Zellen, in denen sich der Faden in mehr und mehr vorgeschrittenen Stadien zeigt, mit einer, zwei und drei Spiralen. Abwechselnd mit den homogenen Spiralen kann man körnige Spiralen sehen. Lösung von Alaun-Carmin, aber ganz dünn. Vergr. 525.

Fig. 10. Eine Zelle, in der der Faden fast das ganze Zelllumen einnimmt, die körnigen Spiralen überdecken die homogenen Spiralen, so dass man ein Stadium vor sich zu haben glaubt, wo der Faden noch schlecht begrenzt ist in der Protoplasmamasse. Lösung von Alaun-Carmin. Vergr. 415.

Fig. 11. Eine Zelle, in der man vom Faden nur den Ansatzpunkt bemerkt, der sich fortsetzt; ausserdem körnige Spiralen. Da

der homogene Teil, welcher die Masse des Fadens bildet, in dem nicht durchschnittenen Teile der Zelle bleibt, so ist es hier nicht sichtbar. Alaun-Carmin-Lösung. Vergr. 415.

Fig. 12—23. **Sinapis alba.**

Material in absolutem Alkohol.

Fig. 12. Eine Epidermiszelle im Oberflächenschnitt; die Verdickungsschichten sind konzentrisch um eine kleine Oeffnung gelagert, welche das seitlich betrachtete reduzierte Zelllumen ist. In absolutem Alkohol beobachtet. Vergr. 415.

Fig. 13. Eine Epidermiszelle in Oberflächenschnitt, wo man die von radialen Spalten durchschnittenen Schichten bemerken kann. Beobachtet in absolutem Alkohol. Vergr. 415.

Fig. 14. Eine schematische Figur einer Epidermiszelle, welche die von den Verdickungsschichten verfolgte Richtung zeigt.

Fig. 15. Eine Epidermiszelle mit Längsschnitt durch die Mitte. Man kann das Zelllumen an der Basis breiter, mehr und mehr eng werden und sich bis zur äussern Zellwand ausdehnen sehen; in diesem reduzierten Lumen kann man den Protoplasmarest bemerken. Nur die unteren Schichten sind ganz unterschiedlich. Beobachtet in Kali-Lösung. Vergr. 415.

Fig. 16. Ein Teil der Verdickungen, der in Wasser aufgequollen ist. Vergr. 525.

Fig. 17. Eine ganze Zelle mit den Verdickungen ganz in Wasser aufgequollen. Vergr. 525.

Fig. 18. Einige sehr junge Epidermiszellen in einem Querschnitt des Teguments betrachtet. Die Zellen haben einen reichlichen Protoplasmainhalt und eine grosse Menge Stärke, welche das Protoplasma umgibt. Beobachtet in Jodglycerin. Vergr. 415.

Fig. 19. Eine ganz junge Zelle der Epidermis nach der Einwirkung von Millon's Reagens; die Stärkekörner sind aufgelöst und die Protoplasmamasse in Netzform ist sehr gut sichtbar, gleichzeitig mit dem Zellkern. Vergr. 415.

Fig. 20. Zwei junge Epidermiszellen; a) die Stärkekörner sind nicht mehr vorhanden und der protoplasmatische Inhalt mehr reduziert; b) in Berührung mit der äusseren Wand bemerkt man eine Hervorragung, in der man eine Anzahl von Verdickungen unterscheiden kann. An der unteren Partie geht diese Hervorragung über in eine protoplasmatische Schicht. Beobachtet in absol. Alkohol. Vergr. 415.

Fig. 21—23. Epidermiszellen, an denen man mehr und mehr vorgeschrittenere Stadien der Verdickungsbildung beobachten

kann. Man bemerkt, dass der Kern immer eine konstante Stellung inbezug auf die Verdickungsschichten einnimmt. Da die Durchschnitte etwas schräg ausgeführt sind, kann man das Zelllumen nicht bis zur äussern Wand verfolgen. Lösung von Kali und Jodjodkali. Vergr. 415.

Salvia Horminum.

Material in absolutem Alkohol.

Fig. 24. Ein Teil der Epidermiszellen-Verdickungen der Früchte getrennt von der primären Wand und ausgetreten in cylindrischer Form als Schleim nach der Einwirkung von Wasser. In der äusseren Zone kann man Spiralen und Schichten sehen. In der inneren Zone bemerkt man die beiden getrennten spiralen Bänder, und in dem einen derselben sieht man die vier unterschiedenen Schichten. Vergr. 525.

Fig. 25. Der Schleimcylinder im Querschnitt. In der äusseren Zone sind die konzentrischen Schichten deutlich wahrnehmbar. Vergr. 525.

Fig. 26. Teil der dritten Membrane, welche das Zelllumen begrenzt. Die Wände sind durch zahlreiche kleine Poren durchstochen. Chlorzinkjod. Vergr. 525.

Fig. 27. Junge Epidermiszellen im Querschnitt des Perikarpiums. Der protoplasmatische Inhalt ist von der primären Wand durch Kontraktion in absol. Alkohol getrennt und gleichzeitig bemerkt man in seiner Masse aus Mikrosomen gebildete Protoplasmabänder, welche beginnen sich in der Richtung der Spiralen der künftigen äusseren Verdickung zu lagern. Chlorzinkjod. Vergr. 415.

Fig. 28. Ein gleicher Zustand, wie der vorhergehende, wo die Protoplasmabänder viel zahlreicher, enger aneinandergereiht und deutlicher von der Protoplasmamasse unterschieden sind. Vergr. 415.

Fig. 29. Querschnitt einiger Epidermiszellen in dem Zustande, wo die äussere Verdickung schon gebildet ist und cellulosische Reaktionen zeigt. Die Spiralen sind noch dünn und quellen nicht in Wasser. Alaun-Carmin-Lösung. Vergr. 415.

Fig. 30. Derselbe Zustand an dem Längsschnitte einer Epidermiszelle betrachtet. Alaun-Carmin-Lösung. Vergr. 415.

Fig. 31. Querschnitt einiger Epidermiszellen in vorgeschrittenerem Zustand; die Verdickung ist viel dichter und quillt in Wasser. Vergr. 415.

Fig. 32. Derselbe Zustand an einem Längsschnitt einer Epidermiszelle. Vergr. 525.

Fig. 33—34. Teile der äusseren Verdickung, welche unter der Einwirkung von Wasser in Form eines Schleimcylinders aus der Zelle herausgetreten sind; Spiralen und Schichten gut sichtbar. Vergr. 525,

Fig. 35. Teil einer Epidermiszelle im Längsschnitt; in der durch die äussere Verdickung begrenzten Protoplasmamasse bemerkt man, wie die Mikrosomen sich in Bandform lagern und so an die Spiralen der inneren Verdickung des fertigen Zustandes erinnern; zum Teil sind die Bänder durch das Messer zerrissen. Jodglycerin. Vergr. 415.

Fig. 36. Querschnitt einer Epidermiszelle in dem Zustande, wo die Verdickung schon gebildet ist und cellulosische Reaktionen bietet. Vergr. 525.

Fig. 37. Derselbe Durchschnitt in vorgeschrittenerem Zustande; die innere Verdickung ist viel dichter. Vergr. 415.

Tafel II.

Cobaea Scandens.

Material in absolutem Alkohol.

Fig. 38. Eine Oberflächenzelle des Samens in einem Querschnitt des Teguments gesehen. Chlorzinkjod. Vergr. 235.

Fig. 39. Eine gleiche Zelle, wo die Spiralen in optischem Querschnitt gesehen werden; die innere Wand ist sehr deutlich, auch die äussere, welche von der inneren durch die Quellung weit entfernt ist. Congorot. Vergr. 415.

Fig. 40. Eine Oberflächenzelle, nach verlängerter Einwirkung von Wasser; die Spiralen sind schon von einander entfernt und an dem oberen Teile schon frei. Zuerst Wasser, dann Chlorzinkjod. Vergr. 235.

Fig. 41. Eine junge Zelle, in der man die schon gebildete innere Wand bemerken kann, noch im Zustande des Protoplasmas; die innere Wand ein wenig kontrahiert und hier und dort von der äusseren getrennt. Vergr. 415.

Fig. 42. Eine junge Zelle, in der man die Mikrosomen sich in der Protoplasmamasse in Bandform nach der Richtung der künftigen Verdickungen sich lagern sieht. Zum Teil sind diese Bänder in optischem Querschnitt betrachtet. Vergr. 465.

Fig. 43. Eine junge Zelle, in der die Mikrosomen teilweise verschmolzen sind und homogene Protoplasmabänder bilden; an andern Stellen sind die Mikrosomen noch einzeln zu unterscheiden. Vergr. 465.

Fig. 44. Ein Teil einer zerissenen Zelle in derselben Phase, wie die vorhergehende.

Vita.

Geboren wurde ich, Alexandru P. Popovici, orthodoxer Konfession zu Carniceni, Bezirk Jassy, in Rumänien am 30. Oktober 1866 als Sohn Peter's und der Anna Popovici. Nach Erlangung der elementaren Kenntnisse besuchte ich das „Lyceul national" zu Jassy, welches ich im Sommer 1884 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um mich an der Universität in Bukarest den Studien der Naturwissenschaften zu widmen. Nachdem ich dort 6 Semester die Vorlesungen der Herren Professoren Brandza, Stefanescu, Vitzu, Bacaloglu, Istrati, Marin, gehört und in den Laboratorien für Botanik, Zoologie, Physiologie, Chemie, Physik und Mineralogie gearbeitet habe, bestand ich am 3. November 1888 das Licentiatexamen in den Naturwissenschaften. Darauf widmete ich mich als Assistent des botanischen Instituts von Bukarest botanischen Studien und begab mich im Februar 1892 nach Bonn. Hier hörte ich die Vorlesungen des Herrn Geheimrat Professor Strasburger und der Herren Privatdocenten Noll und Schenck und arbeitete unter Leitung der Herren Professoren Strasburger und Ludwig im botanischen und zoologischen Laboratorium.

Allen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen Dank aus.

Thesen.

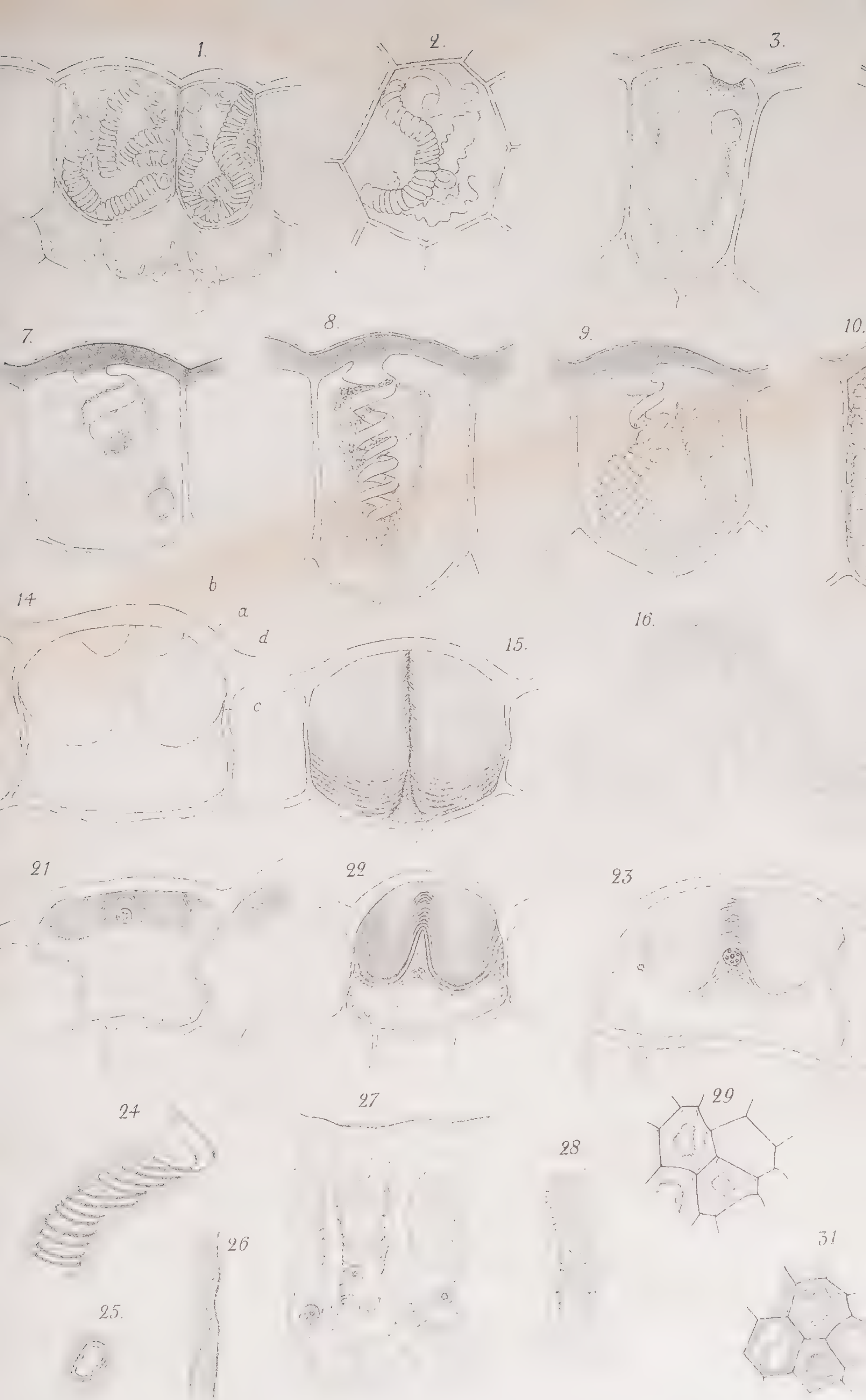
1. Die neben den Gymnospermen und Angiospermen aufgestellte Pflanzenklasse der Chalazogamen ist wieder aufzugeben.

2. Insektenfressende Pflanzen secernieren verdauende (peptonisierende) Fermente und sind dabei nicht auf die Thätigkeit von Bakterien angewiesen.

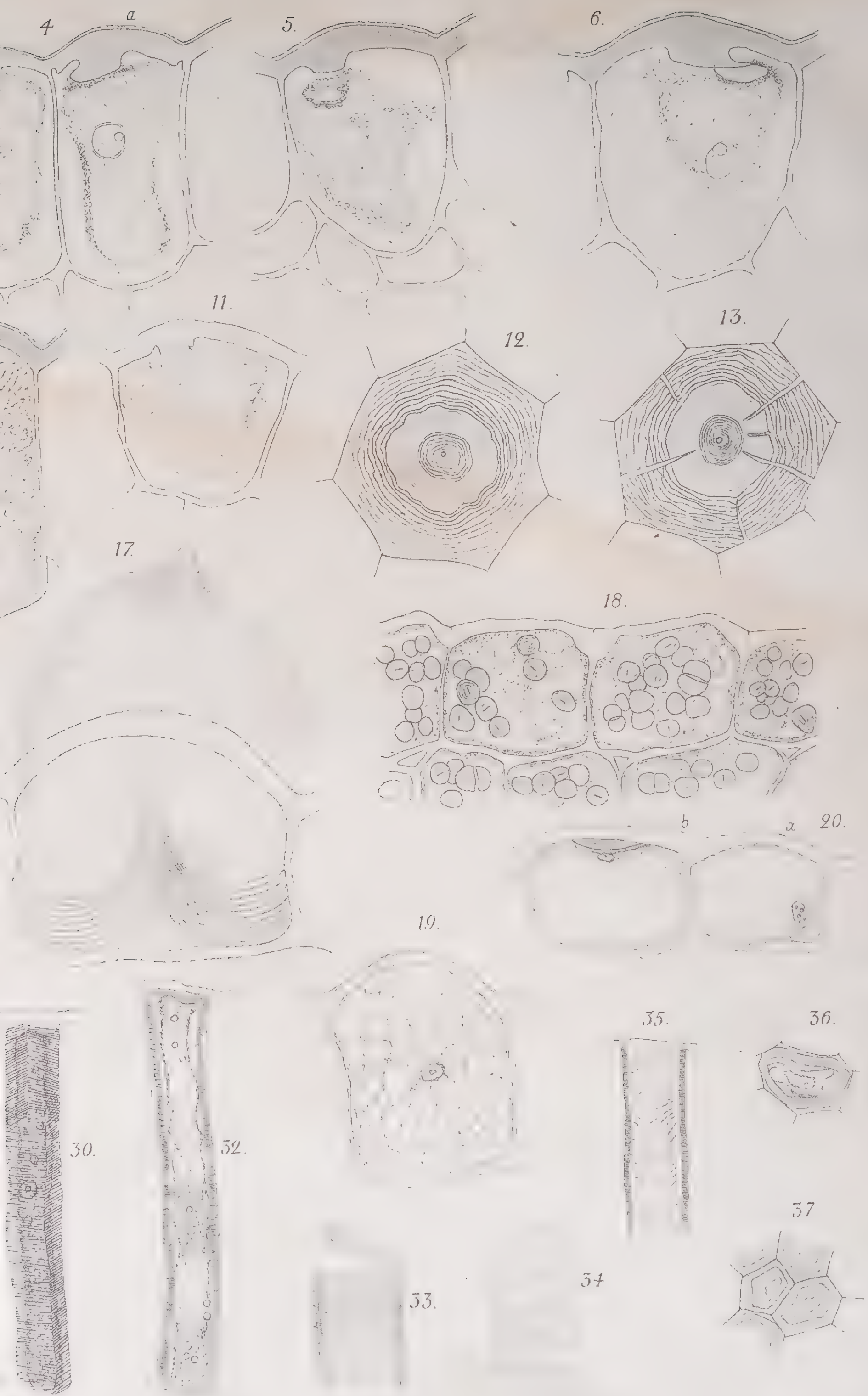
3. Die rotierende Nutation der Schlingpflanzen ist keine autonome Wachstumerscheinung.

4. Das Wachstum von pflanzlichen Gebilden in trajektorischen Kurven verlangt nicht die Annahme von Intussusceptionswachstum.

5. Die Familie der Volvocinen ist nicht zum Tierreich, sondern zum Pflanzenreich zu stellen.



1.
2.
3.
7.
8.
9.
10.
14
b
a
d
c
15.
16.
21
22
23
24
27
28
29
26
25.
31


4
a
5.
6.
11.
12.
13.
17.
18.
b
x
20.
19.
35.
36.
30.
32.
37
34
33.

3.



39.



40.



41.



42.



44.



43.

